



KUĆE ZAKLONJENE ZEMLJOM KAO RIJEŠENJE ZA ENERGETSKU EFIKASNOST

Mr. Selma Arapčić, dipl.ing.arh., email: arapcic@hotmail.com

"ATRIUS PROJEKT" d.o.o. za arhitektonske, inženjerijske, geodetske djelatnosti i consulting
usluge Živinice

Sažetak: Prekomjerno korištenje fosilnih goriva potrebno je smanjiti na prostorima Bosne i Hercegovine kako bi se na taj način smanjila prekomjerna emisija CO₂, izbjeglo onečišćenje okoliša, pojava efekta staklene bašte te globalnog zagrijavanja. Zadatak ekološki osviještenog stanovništva je smanjenje negativnih uticaja na okoliš i stvaranje optimalnih uslova zdravog stanovanja. Kuća zaklonjena zemljom idealno je stambeno rješenje jer ispunjava uslove koje pred nas postavljaju etika, ekologija, ekonomija i energija. Ona je energetski efikasna, finansijski isplativa, ugodna, ekonomična, ekološki održiva i zbog toga je dobar koncept i za sadašnjost i za budućnost. Iako se ovaj sistem gradnje primjenjuje još od pamtivijeka, danas se još uvijek posmatra kao nešto neuobičajeno, daleko od moderne ljudske kulture i dizajna. U istraživanju su kroz grafičke priloge prikazani rezultati potrošnje energije za grijanje i hlađenje objekata ukopanih u zemlju sa izloženim južnim fasadama, te uspoređeni sa konvencionalnim nadzemnim objektima. Simulacije su usmjerene na uticaj slojeva zemljanog pokrivača i debljine termoizolacije u skladu sa klimatskim uslovima područja Poljske, iz razloga što ovakav vid izgradnje na našim područjima još uvijek nije prisutan. Rezultati pokazuju znatno manje energetske potrebe kod kuća zaklonjenih zemljom. Dakle, slučaj predstavljen pokazuje da izgradnja ovakve vrste kuće nudi moderan životni okoliš sa svim značajkama zelenog inženjeringa.

Ključne riječi: Kuća zaklonjena zemljom, pasivna kuća, eko kuća, energetska efikasnost, kvaliteta stanovanja, zaštita okoliša, redukcija emisije CO₂

EARTH-SHELTERED HOUSES AS A SOLUTION FOR ENERGY EFFICIENCY

Abstract: Excessive use of fossil fuels should be reduced on the territory of Bosnia and Herzegovina in order to reduce the excessive CO₂ emissions, to avoid environmental pollution, the emergence of greenhouse effect and global warming. The task of environment-conscious population is to diminish the negative impact on the environment and to create optimal conditions for healthy living. Earth sheltered house is an ideal housing solution because it meets the conditions set by the ethics, ecology, economy and energy. It is energy efficient, financially affordable, enjoyable, economical, environmentally sustainable and therefore is a good concept for the present and for the future. Although this construction system has been used ages before, today it is still seen as something unusual, far from modern human culture and design. In the study the graphs show the results of energy consumption for heating and cooling objects buried in the ground with exposed southern facades, and compared with conventional above-ground objects. The simulations are focused on the impact of soil cover layers and thickness of thermal insulation in accordance with Polish climate conditions, because this type of building is yet not present in our area. Results show significantly lower energy requirements in earth sheltered houses. Thus, the case presented shows that the construction of this type of home offers a modern environment with all the features of green engineering.

Keywords: Earth-sheltered house, passive house, eco houses, energy efficiency, living quality, environmental protection, reduction of CO₂ emissions



1. UVOD

Smanjene energetske potrošnje u kućanstvima, zgradama javne namjene, prometu i industriji rezultira reduciranjem emisije štetnih tvari u atmosferu i zdravijem životnom okruženju.

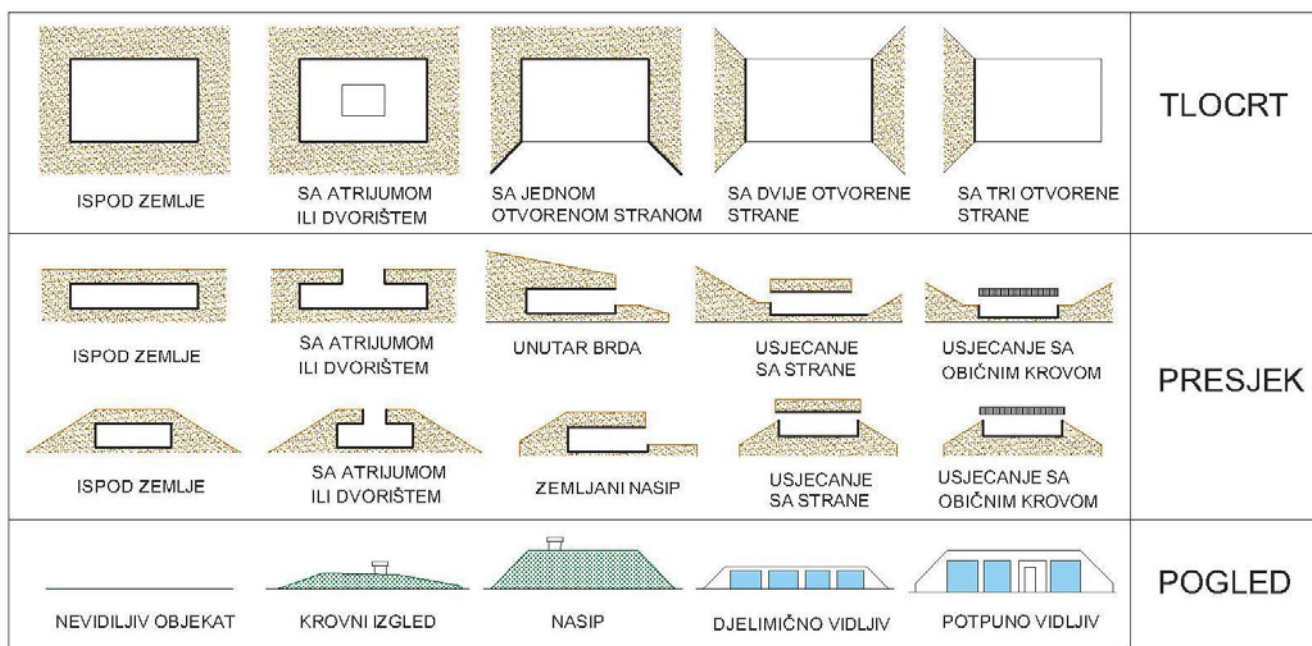
Energetska učinkovitost sve se češće spominje kako u svakodnevnom životu tako i u različitim djelatnostima, a podrazumjeva korištenje svih oblika energije u svim sektorima ljudskog života i djelovanja. Energetska efikasnost se, međutim, ne smije posmatrati isključivo kao štednja energije jer štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok efikasnija upotreba energije nikad ne narušava postojeće uslove rada i življenja. Ona se prvenstveno odnosi na promjenu svijesti ljudi i volju za promjenom ustaljenih navika te korištenje modernih tehničkih rješenja koja doprinose učinkovitoj potrošnji energije i zaštiti okoliša

Jedan od glavnih inženjerskih zadataka današnjice je da dovedu nova rješenja koja karakterišu ekološku svijest, kao i isplative pristupe dizajnu. Kako bi se smanjio štetni utjecaj i emisija CO₂, "zelena" i energetska efikasna rješenja polaku postaju prevladavajući pristup u svakom aspektu inženjerske prakse.

1.1 Kuće zaklonjene zemljom

U posljednjih nekoliko godina, koncept zemljom zaklonjenih građevina koji se može jednostavno opisati kao betonske konstrukcije djelomično ili skroz prekrivene zemljom, privukao je veću pozornost u okviru energetske efikasnosti, ekologije i ekonomije.

Kuće zaklonjene zemljom možemo samo načelno nazvati takvima jer je zapravo riječ o kućama koje su nasipom pokrivene zemljom, djelimično ili potpuno ukopane u zemlju. Postoji nekoliko tipova kuća zaklonjenih zemljom kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Ilustracija različitih tipova kuća zaklonjenih zemljom



1.1.1. Uvod u simulaciju

Velika toplotna inercija zemljanog pokrivača uzrokuje da temperatura okolnog tla bude veća / manja od temperature vanjskog zraka tokom zime / ljeta. Na taj način, vanjske i unutrašnje temperaturne razlike su smanjene, što znači da je prenos toplote manji u usporedbi sa konvencionalnim nadzemnim kućama. Primjena zemljanog pokrivača čini to da se potencijalno smanjuju potrebni resursi za grijanje i hlađenje prostora. [2]

Istraživanja, analize i simulacijski rezultati urađeni su za građevinu zaklonjenu zemljom sa tri strane (slika 2) i sa jednom izloženom (otvorenom) južnom fasadom, sa ustakljenim otvorima od 60% ukupne površine zida.

Analiza obuhvata utjecaj debljine pokrovne zemlje, debljinu termičke izolacije, staklenu površinu izloženog dijela objekta, vrsti zemlje i uticaj efikasnosti grijanja i hlađenja u ovakvim tipovima kuća sa jednom ili dvije etaže. Rezultati su uspoređeni s odgovarajućim kućama iznad zemlje. Energetske simulacije su rađene prema klimatskim uslovima Poljske.

2. SIMULACIJSKI PODACI

Preuzeti podaci i analize su rađeni u softverskim programima FlexPDE i EnergyPlus, za nekoliko debljina termoizolacije: 5 cm, 10 cm, 20 cm i 30 cm; i nekoliko debljina nanesenih slojeva zemlje od 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m i 2,5 m.

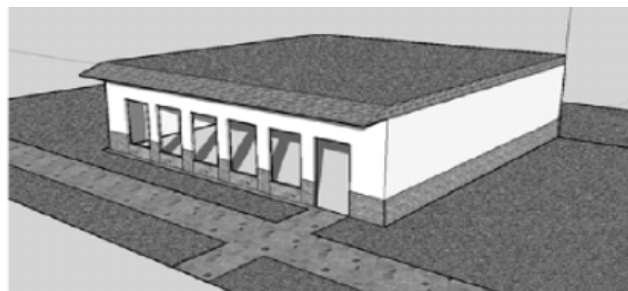
2.1 Analizirane građevine

Analizirane građevine su individualni prizemni stambeni objekti

a) objekat sa tri strane zaklonjen zemljom i sa jednom izloženom (otkrivenom) južnom fasadom i

b) nadzemni objekat

što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Analizirane sheme: a) objekat zaklonjen zemljom i b) nadzemni objekat Izvor: (3)

Oba analizirana stambena objekta sa dimenzijama 12x12 m, imaju površinu od 144 m². Svjetla visina iznosi 2,8 m a grijani volumen iznosi 403,2 m³. Zbog velikog pritiska zemlje, objekti imaju armirano betonske zidove debljine do 30 cm, a ploča na tlu iznosi 15 cm. Debljina termičke izolacije jednaka je na svim vanjskim zidovima građevinskih objekata. I



16.-17. Decembar/December 2016.

ukopana i nadzemna građevina imaju iste prozorske otvore na južnoj fasadi od 20 m², koje iznose 60% od ukupne južne fasade. [3]

2.1.1. Karakteristike materijala i klimatski uslovi

Za simulacijske rezultate potrebna je tablica 1 na kojoj su prikazani parametri materijala za beton, termoizolaciju i zemlju. Uzeti su koeficijenti za:

- Volumetrijski toplotni kapacitet (VHC) - opisuje sposobnost određenog volumena tvari da zadržava energiju tokom izmjene temperatura [6]
- Toplotna kondukcija - provođenje toplote (toplotna provodljivost), kretanje toplote s jednog čvrstog predmeta na drugi kojii ima drugačiju temperaturu a međusobno se dodiruju [7]

MATERIJAL	VOLUMETRIJSKI TOPLOTNI KAPACITET J(m ³ K)	TOPLOTNA KONDUKCIJA W/(mK)
BETON	1,764*10 ⁶	1,700
TERMOIZOLACIJA	0,025*10 ⁶	0,045
ZEMLJA (PIJESAK)	2,000*10 ⁶	2,000

Tablica 1. Karakteristike materijala sa volumetrijskim toplotnim kapacitetom i toplotnom provodljivosti za beton, termoizolaciju i zemlju (pijesak) Izvor: (3)

Klimatske informacije prikazane na tablici 2 neophodne za istraživanje energetske performanse, uzeti su za klimatske uslove grada Poznan, Poljska (koji su približni sa sjevernim predjelima Bosne i Hercegovine). [8]

Geografska širina (N)	52°25'
Geografska dužina (E)	16°49'
Maksimalna temperatura zraka	+35,6°C
Godišnja temperatura zraka	+9,8°C
Minimalna temperatura zraka	-16,0°C
Godišnja direktna sunčeva radijacija	1 865 (Wh/m ²)
Godišnja difuzna sunčeva radijacija	1 679 (Wh/m ²)
Godišnja ukupna sunčeva radijacija	2 692 (Wh/m ²)
Godišnja vlažnost zraka	78%



16.-17. Decembar/December 2016.

Godišnja brzina vjetra	3,3 (m/s)
Godišnja oblačnost	0,61 (-)

Tablica 2.-Klimatski uslovi grada Poznan, Poljska Izvor: (8)

3. SIMULACIJSKI REZULTATI

Rezultati simulacije potrošnje energije za grijanje i hlađenje prikazani su u mjesečnim vrijednostima tokom cijele godine za termoizolaciju debljine 5 cm, 10 cm i 20 cm; i debljinama pokrovne zemlje : 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m i 2,5 m. [3]

Po prikazanim mjesečnim vrijednostima tokom cijele godine (slika 3), može se lako primijetiti da potrošnja energije za grijanje i hlađenje kod kuća zaklonjenih zemljom je znatno manja nego kod analizirane nadzemne kuće. Kod analiza mjesečnih vrijednosti može se primijetiti da kuće zaklonjene zemljom zahtijevaju duže razdoblje grijanja od konvencionalnih nadzemnih kuća, ali potrošnja energije za grijanje kod kuća zaklonjenih zemljom je ipak znatno manja zbog temperaturne inercije okolne zemlje. Rok za hlađenje je približno isti. Kada se uradi analiza potrošnje energije za grijanje (slika 3) može se primijetiti da je velika razlika u potrošnji za grijanje jedne nadzemne kuće i kuće sa minimalno 0,5 m pokrovnog sloja zemlje. Također se može primijetiti da daljnje povećanje pokrovnog sloja zemlje ne daje tako velike razlike. Taj odnos je također manji sa povećanjem debljine termoizolacije (tablica 3). Prvih 0,5 m pokrovnog sloja zemlje smanjuje potrošnju energije za grijanje za oko 25% u usporedbi sa konvencionalnim nadzemnim kućama. [3]

DEBLJINA ZEMLJANOG POKROVA	DEBLJINA TERMOIZOLACIJE			
	5 CM	10 CM	20 CM	30 CM
ENERGETSKE UŠTEDE NA GRIJANJU (%)				
0,5 m	24	23	24	24
1,0 m	31	28	27	27
1,5 m	36	32	31	30
2,0 m	41	36	34	33
2,5 m	44	40	37	34
ENERGETSKE UŠTEDE NA HLAĐENJU (%)				
Za sve navedene	52	36	20	15

Tablica 3. Godišnje energetske uštede na grijanje i hlađenje Izvor: (3)

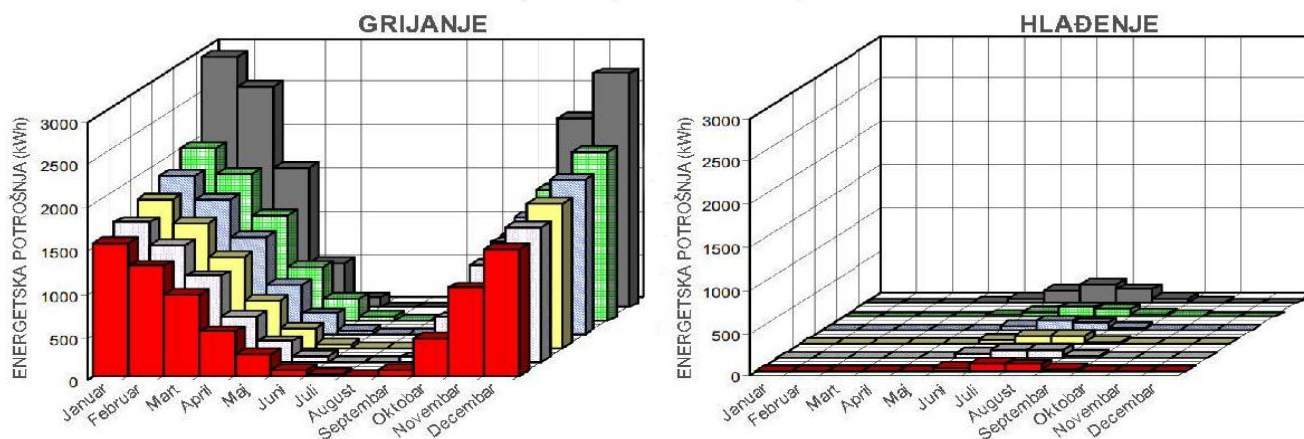


XIV MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
KORPORATIVNA SIGURNOST U BIH I ZEMLJAMA ZAPADNOG BALKANA
SA EKONOMSKOG, PRAVNOG I KOMUNIKOLOŠKOG ASPEKTA
XIV INTERNATIONAL CONFERENCE
CORPORATE SECURITY IN B&H AND THE WESTERN BALKAN COUNTRIES
FROM ECONOMIC, LEGAL AND COMMUNICATION ASPECT

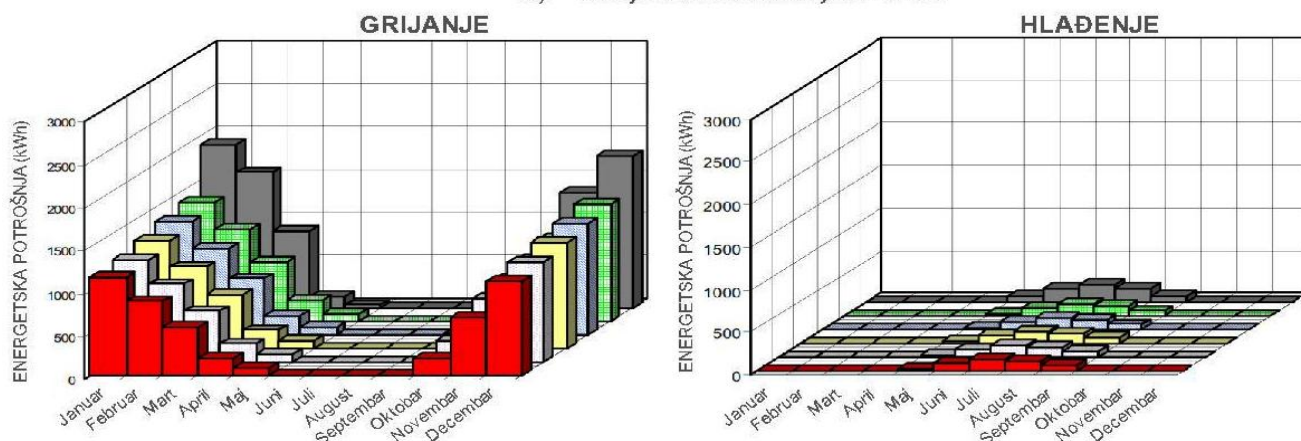


16.-17. Decembar/December 2016.

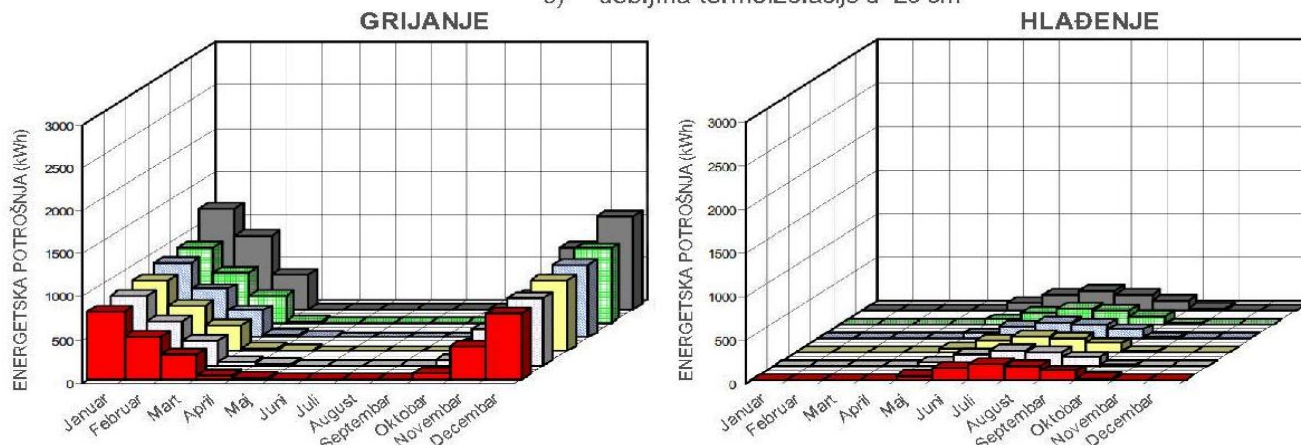
a) debljina termoizolacije d=5 cm



b) debljina termoizolacije d=10 cm



c) debljina termoizolacije d=20 cm



Slika 3. Mjesečne vrijednosti tokom godine za potrebnu energiju grijanja i hlađenja za kuću zaklonjenu zemljom i nadzemnu kuću sa termoizolacijom debljine 5 cm, 10 cm i 20 cm Izvor: (3)



4. ZAKLJUČAK

Sa stanovišta trošenja energije na grijanje kuća zaklonjenih zemljom može se zaključiti da je potrošnja energije manja ali se takođe može primjetiti da se, sa povećanjem termoizolacije, smanjuje uticaj pokrovnog sloja zemlje. Za potrošnju energije za hlađenje, kuće sa debljom termoizolacijom i debljim slojem pokrovne zemlje, nemaju značajniji uticaj. Sa povećanjem debljine termoizolacije, kuće zaklonjene zemljom troše neznatno više energije za hlađenje. To je radi činjenice da termoizolacija služi kao pokrivač tokom zime i štiti građevinu od hladnije okolne zemlje, ali tokom ljeta ne dozvoljava da zemlja prirodno ohladi građevinu.

Kuće zaklonjene zemljom sa izloženom južnom fasadom, pokrivene sa zemljanim slojem debljine 0,5 m imaju oko 25% uštede energije za grijanje u odnosu na nadzemne kuće. Uprkos činjenici da je ovaj ekološki tip gradnje uistinu energetske efikasan i održiv sistem sa velikim uštedama energije na grijanje i hlađenje, postoji dodatni razlozi zašto bismo trebali razmotriti življenje u kućama zaklonjenim zemljom.

Manje su osjetljive na utjecaj ekstremnih promjena vanjskih temperatura zraka, tako da se ne osjete posljedice nepovoljnih vremenskih uslova kao u konvencionalnim kućama. Temperature unutar kuće su stabilnije nego u konvencionalnim kućama, i sa manje temperaturnih oscilacija, što unutrašnji prostor čini mnogo udobnijim za boravak. Življenje u ovim tipovima kuća je udobno tokom cijele godine, ljeti je svježije a zimi je toplo. Racionalnije korištenje zemljišta i manji troškovi održavanja objekta. [1]

Armirani beton sa zemljanim pokrovom nudi najbolju otpornost od zemljotresa, propadanja, oluje, erozije, vatre i dobro je sklonište u slučaju eksplozije i rata. Dobra je zaštita od ulaska insekata i glodara. I samom svojom strukturom ima prirodno dobru zvučnu izolaciju. [5]

Uprkos svim prednostima u smislu zaštite okoliša i štednje energije koje su dokazane istraživanjima mnogih istraživača (Barker, 1986 Carmody i Sterling, 1993, Anselm, 2008 ; Staniec i Nowak, 2011), razvoj ovakvog tipa građenja još nije prihvaćen i izgrađen je tek manji broj objekata individualnog stambenog tipa. [4]

Mišljenje i percepcija većine ljudi i dalje preovladava da je podzemni prostor prljavo, vlažno, tamno i opasno mjesto, a podzemno životno okruženje se predstavlja kao nešto neuobičajeno, daleko od moderne ljudske kulture. [4]

U današnje vrijeme sve više se uviđa potreba za smanjenjem energetske potrošnje. Mijenjaju se navike ljudi i javlja želja za smanjenjem negativnih uticaja na okoliš i korištenjem obnovljivih izvora energije, materijala i nove tehnologije koji doprinose zaštiti okoliša i njegovoj obnovi. Osnovni zadatak energetske efikasnosti i održivog razvoja je očuvanje prirodnih resursa za potrebe budućih generacija.

LITERATURA

- [1] Sterling, Ray, Ahrens, Donna, Ellison, Tom, Earth Sheltered Homes, Plans and Design // Underground Space Center University of Minnesota (1986), str. 1-120.



XIV MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
*KORPORATIVNA SIGURNOST U BIH I ZEMLJAMA ZAPADNOG BALKANA
SA EKONOMSKOG, PRAVNOG I KOMUNIKOLOŠKOG ASPEKTA*
XIV INTERNATIONAL CONFERENCE
*CORPORATE SECURITY IN B&H AND THE WESTERN BALKAN COUNTRIES
FROM ECONOMIC, LEGAL AND COMMUNICATION ASPECT*



16.-17. Decembar/December 2016.

- [2] Anselm, Akubue Jideofor , Earth Shelters; A Review of Energy Conservation Properties in Earth Sheltered Housing // Energy Conservation (2012), str. 125-148.
- [3] Staniec, Maja, Nowak, Henryk, Analysis of the energy performance of earth-sheltered houses with southern elevation exposed // Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland (July 27-30/2009), str. 1907-1913.
- [4] Benardos, Andreas, Katsoulakos, Nikolas , Athanasiadis, I., Modern earth sheltered constructions: A paradigm of green engineering // Tunnelling and Underground Space Technology (March 2014), str. 46-52.
- [5] 25 Reasons You Should Consider Earth Sheltered Living,
<http://www.earthshelteredhome.com/25-reasons.htm> (21/11/2016)
- [6] Wikipedia, the free encyclopedia, Volumetric heat capacity,
https://en.wikipedia.org/wiki/Volumetric_heat_capacity (21/11/2016)
- [7] Wikipedia, the free encyclopedia, Heat conduction,
https://simple.wikipedia.org/wiki/Heat_conduction (21/11/2016)
- [8] World Weather & Climate Information, Average monthly weather in Poznań, Poland,
<https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,poznan,Poland> (21/11/2016)